

PATENT
81912.0017
Express Mail Label No. EV 324 111 429 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Hideto SUGAWARA

Serial No: Not assigned

Filed: December 9, 2003

For: Nitride Based Semiconductor Light-Emitting
Device and Method of Manufacturing the Same

Art Unit: Not assigned

Examiner: Not assigned

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

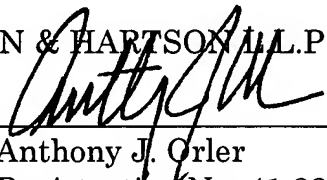
Enclosed herewith is a certified copy of Japanese patent application No. 2002-367549 which was filed December 19, 2002, from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

HOGAN & HARTSON, L.L.P.

Date: December 9, 2003

By: 
Anthony J. Orler
Registration No. 41,232
Attorney for Applicant(s)

500 South Grand Avenue, Suite 1900
Los Angeles, California 90071
Telephone: 213-337-6700
Facsimile: 213-337-6701

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 1 9 日
Date of Application:

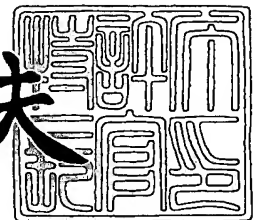
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 6 7 5 4 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 6 7 5 4 9]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 ADB0260401

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/04
H01L 21/20
H01L 21/24

【発明の名称】 窒化物系半導体発光素子およびその製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 菅原 秀人

【特許出願人】
【識別番号】 000003078
【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】
【識別番号】 100083161
【弁理士】
【氏名又は名称】 外川 英明
【電話番号】 (03)3457-2512

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 010261
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物系半導体発光素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体または絶縁体基板上に第 1 導電型の窒化物系半導体層、 p n 接合を有する窒化物系半導体層からなる発光層および第 2 導電型の窒化物系半導体層を順次形成する工程と、

次に、この第 2 導電型の窒化物系半導体層上に A l G a N 膜を島状に成長させる工程と、

この島状の A l G a N 膜をマクスとして、第 2 導電型の窒化物系半導体層の表面を選択的にエッチングし、表面に不均一な段差形状を形成する工程と、

しかる後、この不均一な段差形状を有する第 2 導電型の窒化物系半導体層表面にオーミック電極を形成する工程と、

を有することを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2】 前記不均一な段差形状は、突形状ドットであることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 3】 前記突形状ドット表面に微細な窪みを有することを特徴とする請求項 2 記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 4】 前記突形状ドット表面に化学量論的組成から外れる領域を有することを特徴とする請求項 2 記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】 前記 A l G a N 膜を島状に成長させる工程は、キャリアガスに窒素または窒素と水素の混合ガスを用い、A l G a N が 2 次元的に成長する温度を超えない温度領域で M O C V D 法により成長させる工程を有し、

前記第 2 導電型の窒化物系半導体層を選択的にエッチングする工程は、水素もしくは水素と窒素の混合ガス雰囲気中で加熱する工程を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6】 前記 A l G a N 膜を島状に成長させる工程と前記第 2 導電型の窒化物系半導体層を選択的にエッチングする工程を、同一の M O C V D 装置内で連続して 1 回または複数回数繰り返して行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項

5のいずれか1項に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項7】 半導体または絶縁体基板と、
この基板上に形成された第1導電型の窒化物系半導体層と、
この第1導電型の窒化物系半導体層上に形成されたpn接合を有する窒化物系半導体層からなる発光層と、
この発光層上に形成され、且つ表面に不均一な段差形状が形成された第2導電型の窒化物系半導体層と、
この不均一な段差形状を有する第2導電型の窒化物系半導体層表面に形成された第1のオーミック電極と、
前記第1導電型の電極形成領域上に形成された第2のオーミック電極と、
を有することを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項8】 前記不均一な段差形状は、突形状ドットであることを特徴とする請求項7記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項9】 前記突形状ドット表面に微細な窪みを有することを特徴とする請求項8記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項10】 前記突形状ドット表面に化学量論的組成から外れる領域を有することを特徴とする請求項8記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項11】 第2導電型の窒化物系半導体層が、p型のInGaAlN系材料からなることを特徴とする請求項7乃至請求項10のいずれか1項に記載の窒化物系半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、III族元素の窒化物半導体、またはこれらの混晶からなる窒化物系半導体発光素子およびその製造方法に係わり、特に大電流（数百ミリアンペア）で動作させる高光束の発光素子に好適な構造を有する窒化物系半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体発光素子、なかでも発光ダイオード（LED）は、フルカラーディスプレイ、交通信号機器、車載用途などに幅広く用いられている。

【0003】

近年、照明用途に、蛍光体と組み合わせて白色が実現できる窒化ガリウム系半導体（InGaAlN）によるLEDが注目されており、数百mAを超える大電流で駆動する高光束LEDの開発が盛んに行われている。

【0004】

この種の従来の代表的なLEDの製造方法について、図11を用いて説明する。図11に示すように、MOCVD（Metal Organized Chemical Vapor Deposition）法によりサファイア基板101の（0001）面上に、バッファ層102、n型GaNコンタクト層103、n型AlGaNクラッド層104、MQW発光層105、p型AlGaNクラッド層106およびp型GaNコンタクト層107をこの順序で積層する。

【0005】

次に、RIE（Reactive Ion Etching）法によりp型GaNコンタクト層107からn型GaNコンタクト層103までの一部の領域をエッチングにより除去し、n型GaNコンタクト層103のn電極形成領域を露出させる。

【0006】

そして、表面が平坦なp型GaNコンタクト層107の上にp電極108を形成し、表面が平坦な露出したn電極形成領域にn電極109を形成して、LEDが製造される。

【0007】

一般に、p型添加物としてはMgが用いられるが、MgはGaN結晶中のアクセプタ準位が比較的深いことや、原子状水素によるアクセプタの不活性化効果があることが知られている。このため、Mgを添加したp型GaNコンタクト層107では、十分な量のキャリア濃度を得ることは困難で、抵抗が大きくなる。

【0008】

以上のように製造されたLEDでは、p型GaNコンタクト層107とp電極108との接触抵抗が増大するのでp電極108と良好なオーミック接触を得る

ことが困難であり、動作電圧が高くなる。

【0009】

これにより、LEDの発熱が増大し、LEDの性能および信頼性が低下する問題がある。

【0010】

この問題を解決する窒化物系半導体素子およびその製造方法が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

【0011】

この特許文献1に開示された窒化物系半導体素子の製造方法について、図を用いて説明する。図12は、その半導体素子（レーザ）を示す断面図である。図12において、従来のLEDと同一の構成部分には、同一符号を付して、その説明を省略する。

【0012】

図において、このp型GaNコンタクト層107には、ストライプ状の凹凸形状110（周期数～数十 μm 、凹部の深さ数十～数百nm）が形成され、その凹凸形状110の面に、p電極108が形成されている。

【0013】

この凹凸形状110は、p型GaNコンタクト層107の上面にSiO₂等からなるマクスを形成し、レジストを塗布してフォトリソグラフィ技術によりストライプ状のパターンを形成したのち、RIE法を用いてp型GaNコンタクト層107の表面をエッチングすることにより形成されている。

【0014】

さらに、凹凸形状としては、ストライプの断面が鋸歯状の凹凸形状や、断面が矩形状のストライプを直行させた格子状の凹凸形状も開示されている。

【0015】

このように、凹凸形状110の面に電極を形成することにより、平坦な面に電極を形成した場合に比べて、p電極108とp型GaNコンタクト層107の接触面積が大きくなり、接触抵抗が低減する。

【0016】

しかしながら、特許文献1に開示された窒化物系半導体素子およびその製造方法では、ストライプ状の凹凸形状を形成するためにフォトリソグラフィ工程や R I E 工程を必要とするため、製造工程が複雑になり、製造に長い時間を要す。従って、製造コストの増大を招くなどの問題がある。

【0017】

また、フォトリソグラフィ技術では、ストライプの周期が上記の範囲より小さい数 μ m以下の微細な凹凸形状を形成して接触面積を増やすことにより接触抵抗を低減させることは難しい。

【0018】

そのため、さらに動作電圧を下げるのが困難であり、数百mAを超える大電流で駆動する高光束 L E D に十分な動作電圧を確保できない問題がある。

【0019】

また、S i O₂マスク材からの S i の汚染、R I E 工程での残留ダメージや、ストライプ状凹凸形状ではモールド樹脂からの応力が不均一になりやすいなど、信頼性に影響を及ぼす恐れがある。

【0020】

【特許文献1】

特開 2002-16312 号公報（6 頁、図 3）

【0021】

【発明が解決しようとする課題】

上述した、特許文献1に開示された窒化物系半導体素子の製造方法では、十分な接触抵抗の p 電極を容易に得ることは困難であった。

【0022】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、p 電極の十分な接触抵抗が確保され、かつ製造が容易な窒化物系半導体発光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法では

、半導体または絶縁体基板上に第1導電型の窒化物系半導体層、pn接合を有する窒化物系半導体層からなる発光層および、第2導電型の窒化物系半導体層を順次形成する工程と、次に、この第2導電型の窒化物系半導体層上にAlGaN膜を島状に成長させる工程と、この島状のAlGaN膜をマスクとして、第2導電型の窒化物系半導体層の表面を選択的にエッチングし、表面に不均一な段差形状を形成する工程と、しかる後、この不均一な段差形状を有する第2導電型の窒化物系半導体層表面にオーミック電極を形成する工程とを有することを特徴とする。

【0024】

本発明によれば、第2導電型の窒化物系半導体層上にAlGaN膜を島状に成長させ、この島状のAlGaN膜をマスクとして、第2導電型の窒化物系半導体層の表面を選択的にエッチングし、表面に不均一な段差形状を形成している。従って、簡単にして、且つ電極との接触面積が増大して十分な接触抵抗が得られる。

【0025】

また、本発明の窒化物系半導体発光素子では、半導体または絶縁体基板と、この基板上に形成された第1導電型の窒化物系半導体層と、この第1導電型の窒化物系半導体層上に形成されたpn接合を有する窒化物系半導体層からなる発光層と、この発光層上に形成され、且つ表面に不均一な段差形状が形成された第2導電型の窒化物系半導体層と、この不均一な段差形状を有する第2導電型の窒化物系半導体層表面に形成された第1のオーミック電極と、前記第1導電型の電極形成領域上に形成された第2のオーミック電極とを有することを特徴とする。

【0026】

本発明によれば、第2導電型の窒化物系半導体層表面に不均一な段差形状を設けたので、電極との接触面積が増大して十分な接触抵抗が得られる。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0028】

(第1の実施の形態)

図1乃至図7は、本発明の第1の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法を工程順に示す断面図である。

【0029】

まず、図1に示すように、MOCVD法により、サファイアよりなる基板11の(0001)C面上に窒化物系半導体層を成長させる。

【0030】

ここでは、キャリアガスとして水素または水素と窒素の混合ガスを用い、III族の原料ガスとしてAl、Ga、Inの有機金属化合物であるトリメチルアルミニウム(TMA)、トリメチルガリウム(TMG)、トリメチルインジウム(TMI)およびV族の原料ガスとしてアンモニアガス(NH₃)を用いる。そして、第1の導電型であるn型のドーパントとしてシランガス(SiH₄)を、第2の導電型であるp型のドーパントとしてMgの有機金属化合物であるシクロペンタンジエニルマグネシウム(Cp₂Mg)をそれぞれ用いている。

【0031】

始めに、サファイア基板11をMOCVD装置の反応容器内にセットし、容器内を水素で十分置換した後、水素を流しながら基板の温度を1050℃まで昇温して、サファイア基板11のサーマルクリーニングを行う。

【0032】

次に、第1導電型の窒化物系半導体層としてSiをドーピングしたn型GaNコンタクト層12とn型AlGaNクラッド層13を順次、積層形成する。Siをドーピングしたn型GaNコンタクト層12は高いキャリア濃度が得られるので、n電極と十分なオーミック接触が得られる。

【0033】

続いて、pn接合を有する窒化物系半導体層からなる発光層として、InGaN/GaNの多層構造のMQW発光層14を形成する。InGaNのIn組成に応じて、青緑から紫外までの発光波長を適時選択することができる。

【0034】

そして、第2導電型の窒化物系半導体層としてMgをドーピングしたp型AlGa

Nクラッド層15とp型Ga_{0.5}In_{0.5}Nコンタクト層16を順次、積層形成する。

【0035】

次に、図2に示すように、p型Ga_{0.5}In_{0.5}Nコンタクト層16上にp型AlGa_{0.5}N膜17を成長させる。図2(a)は、p型AlGa_{0.5}N膜を示す平面図、図2(b)は、図2(a)のA-A線に沿って切断し、矢印方向に眺めた断面図である。

【0036】

一般に、AlGa_{0.5}Nが成長する温度範囲は800℃から1200℃であり、AlGa_{0.5}Nが2次元的に成長しやすい900℃以上からAlGa_{0.5}Nの熱分解が激しくなる1150℃以下の成長温度が好ましいとされている。

【0037】

ここでは、p型AlGa_{0.5}Nを成長させる温度は、AlGa_{0.5}Nが2次元的に成長する温度を超えないように、例えば900℃に設定しておく。これによりAlGa_{0.5}Nが3次元的に成長し、例えば、図2(a)に示すような略六角形状で大きさが数μmから数十μmの島状のAlGa_{0.5}N膜17が多数得られる。

【0038】

この島の形状は、キャリアガスに窒素を用いることや、あるいは水素と窒素の混合ガスにしてその流量比や成長温度を変えることにより制御することができる。

【0039】

続いて、島状AlGa_{0.5}N17の膜厚が所定の厚さ、例えば、0.1μmになったところで、TMA、TMGの供給を停止し、島状AlGa_{0.5}N17の成長を停止する。

【0040】

次に、図3に示すように、水素または水素と窒素の混合ガス中に晒すことにより、島状AlGa_{0.5}N17をマクスとしてp型Ga_{0.5}In_{0.5}Nコンタクト層16の表面をエッチングする。この工程は、島状AlGa_{0.5}N17の成長を停止した後にアンモニアガスの供給を停止することにより連続して行うことができる。

【0041】

実験によれば、p型Ga_{0.5}In_{0.5}Nコンタクト層16のエッチング速度は雰囲気ガス種

や温度により制御できるが、さらに島状 AlGaIn の Al の混晶比によっても制御できることが判明している。

【0042】

例えば、雰囲気ガスが水素と窒素の混合ガス $H_2:N_2=1:9$ で温度が $900^\circ C$ の時には $0.002 \mu m/秒$ であり、雰囲気ガスが水素で温度が $1000^\circ C$ の時には $0.4 \mu m/秒$ である。

【0043】

図4は、雰囲気ガスが水素で温度が $900^\circ C$ における AlGaIn の Al の混晶比と GaIn との相対的なエッチング速度の関係を示したものである。図より、Al 組成が 0.05 の AlGaIn では GaIn の $1/5$ のエッチング速度であり、Al 組成が 0.07 以上の AlGaIn ではほとんどエッチングされない。

【0044】

このように、p 型 AlGaIn をマクスとして p 型 GaIn コンタクト層 16 を選択的にエッチングすることができる。

【0045】

そして、図5(a)に示すよう、ここでは島状 AlGaIn の膜厚を $0.1 \mu m$ 、Al 組成を 0.05、雰囲気ガスを水素と窒素の混合ガス $H_2:N_2=1:1$ 、温度を $900^\circ C$ として島状 AlGaIn のマクスが消失するまでエッチングを行い、サイズが大小入り混じった多数の突形状ドット 18 を形成した。

【0046】

ここで、突形状ドット 18 の電子顕微鏡観察から表面がざらざらな状態であり、表面に図5(b)に模式的に示すような微細な窪み 18c を有することが認められた。この微細な窪み 18c はエッチングに際し、p 型 GaIn コンタクト層 16 の表層が熱分解して必然的に形成されたものと推察される。

【0047】

なお、エッチング後の p 型 GaIn コンタクト層 16 の表面に金属 Ga のドロップレットが残存することがあるが、エッチング工程が終了した後、反応容器から基板 11 を取り出して、基板 11 を塩酸系エッチャントにて処理することにより取り除くことができる。

【0048】

次に、Mgをドーブしたp型GaNコンタクト層16に活性化処理を施して、比抵抗が $1\ \Omega\text{cm}$ 以下としている。

【0049】

次に、図6に示すように、微細な窪み18cを有する突形状ドット18が形成されたp型GaNコンタクト層16にNiとAuを蒸着して熱処理を施すことにより、p電極19を形成した。

【0050】

そして、p電極19面にTLM (Transmission Line Model) パターンをフォトリソグラフィ法により形成して接触抵抗を測定したところ、接触抵抗は $2 \times 10^{-4}\ \Omega\text{cm}^2$ であり、従来の平面へ電極を形成した場合の $1 \times 10^{-3}\ \Omega\text{cm}^2$ と比較して1/5に低減することが出来た。

【0051】

この改善率は突形状ドット18による表面積の増加分を上回るもので、その理由は今のところ明らかではないが、凹凸部での面方位の異なる側面において何らかの理由、例えば、突形状ドット18が有する微細な窪み18cへの電極材の滲入により接触面積が著しく増加して、コンタクト特性が改善しているものと推察される。

【0052】

さらに、この突形状ドット18の表層にはV族元素である窒素が抜けてIII-Vの結晶構造が崩れている領域、いわゆる「化学量論的組成から外れる領域」が存在しており、このことが関与している可能性が示唆される。

【0053】

このように、p型GaNコンタクト層16に突形状ドット18を形成することにより接触抵抗が低減され、突形状ドット18に微細な窪み18cを有することによりさらに接触抵抗が低減できる。

【0054】

次に、図7に示すように、RIE法によりp型GaNコンタクト層16からn型GaNコンタクト層12までの一部の領域をエッチングにより除去して、n型

GaNコンタクト層12のn電極形成領域を露出させる。

【0055】

そして、露出した表面が平坦なn電極形成領域にTi／Alを蒸着して熱処理を施すことによりn電極20を形成し、p電極19を透明電極構造としたLED21を製造した。

【0056】

このLED21を、リードフレーム（図示せず）に取り付けて通電したところ、動作電流200mAにおける動作電圧は3.2Vであり、p型GaNコンタクト層16に突形状ドット18を形成していない従来構造のLEDの3.5Vと比較して動作電圧を低減することができた。

【0057】

また、樹脂モールド（図示せず）して、光出力を測定したところ10%程の向上が見られた。これは、大小多数の突形状ドット18による光散乱効果により、LED21からの光取り出し効率が向上したものと考えられる。さらに、モールド樹脂による信頼性についても遜色ないものであった。

【0058】

以上説明したように、本発明の第1の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法では、島状のAlGaN17をマクスとしてp型GaNコンタクト層16に突形状ドット18をMOCVD装置の反応容器内で連続して形成する工程を有する。

【0059】

従って、p型GaNコンタクト層16とp電極19の接触面積が増大して十分な接触抵抗が得られ、かつフォトリソグラフィ工程やRIE工程を用いる必要がないので製造工程が簡単で容易である。

【0060】

（第2の実施の形態）

図8（a）乃至図8（d）は、本発明の第2の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法において、突形状ドット18の形成方法を工程順に示す断面図である。本実施の形態において、上記第1の実施の形態と同一構成部分に

は同一符号を付して、その説明を省略する。

【0061】

図に示すように、第2の実施の形態が第1の実施の形態と異なる点は、突形状ドット18を形成する工程を2回繰り返し行うことにより、突形状を鋭くする工程を有することである。

【0062】

即ち、図8(a)および図8(b)に示すように、p型Ga_{0.5}N_{1.5}コンタクト層16上にp型AlGa_{0.5}N_{1.5}7を島状に成長させた後、島状AlGa_{0.5}N_{1.5}7をマクスとしてp型Ga_{0.5}N_{1.5}コンタクト層16の表面をエッチングして突形状ドット18を形成する。

【0063】

次に、図8(c)に示すように、突形状ドット18が形成されたp型Ga_{0.5}N_{1.5}コンタクト層16上に、1回目の島状AlGa_{0.5}N_{1.5}7のサイズより小さい島状のAlGa_{0.5}N_{1.5}7aを再度成長させる。

【0064】

島のサイズを小さくするには、成長温度を低くすることが好ましく、サイズが数μm以下の島状AlGa_{0.5}N_{1.5}7aも形成することができる。

【0065】

これにより、突形状ドット18の頂部および突形状ドット18間にも島状AlGa_{0.5}N_{1.5}7aを成長させることができる。また、突形状ドット18の側面にもAlGa_{0.5}N_{1.5}7aが被着することがあるが、次のエッチング工程で剥離され消失するので特に影響を及ぼさない。

【0066】

次に、図8(d)に示すように、島状AlGa_{0.5}N_{1.5}7aをマクスとしてp型Ga_{0.5}N_{1.5}コンタクト層16を再度エッチングする。これにより、高く尖った突形状ドット18aと、新たな突形状ドット18bが形成される。

【0067】

これにより、大小多数の突形状ドット18a、18bが形成され、p電極との接触面積がさらに大きくなるため接触抵抗がより低減できる。

【0068】

以上説明したように、本発明の第2の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法では、島状のAlGaIn₁₇、17aをマクスとしてp型GaNコンタクト層16に突形状ドット18a、18bをMOCVD装置の反応容器内で連続して形成する工程を有する。

【0069】

従って、p型GaNコンタクト層16とp電極19の接触面積がさらに増大して十分な接触抵抗が得られ、かつフォトリソグラフィ工程やRIE工程を用いる必要がないので製造工程が簡単で容易である。

【0070】

次に、本発明の窒化物系半導体発光素子の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図9は、本発明による第1の実施の形態に係わる製造方法により作製した窒化物系半導体発光素子を示す断面図である。

【0071】

図に示すように、本実施の形態のLEDでは、MOCVD法により、サファイアからなる基板11の(0001)C面上に、第1導電型の窒化物系半導体層としてSiをドーピングしたn型GaNコンタクト層12とn型AlGaInクラッド層13が順次、積層形成され、その上にpn接合を有する窒化物系半導体層からなる発光層としてInGaIn/GaNの多層構造のMQW発光層14が形成され、さらに第2導電型の窒化物系半導体層としてMgをドーピングしたp型AlGaInクラッド層15とp型GaNコンタクト層16が順次、積層形成されている。

【0072】

そして、p型GaNコンタクト層16には、大小多数の突形状ドット18が形成されている。突形状ドット18のサイズは、大きいものでは数 μm から数十 μm 、小さいものでは百nmから数 μm であり、その突起の高さは、百nmから1 μm である。また、その密度は凡そ 10^4mm^{-2} 程である。

【0073】

また、この突形状ドット18を形成したp型GaNコンタクト層16の電極形成領域にNi/Auからなるp電極19aが形成されている。

【0074】

さらに、RIE法によりp型Ga_{0.4}N_{0.6}コンタクト層16からn型Ga_{0.4}N_{0.6}コンタクト層12までの一部の領域をエッチングすることにより露出したn電極形成領域にTi／Alからなるn型電極20aが形成され、フリップチップ型のLED31が得られる。

【0075】

図10は、図9に示すLED31を用いた窒化物系半導体発光装置の断面図である。

【0076】

図に示すように、サファイア基板11が発光観測面になるように、LED31が外囲器32に形成された反射カップ33の中に載置され、p電極19aおよびn電極20aがボールボンディングによりリードフレーム34a、34bに固着されている。

【0077】

そして、反射カップ33の中に透明ゲル状樹脂35を充填して透明樹脂レンズ36を外囲器32に固着することにより、窒化物系半導体発光装置37が得られる。

【0078】

この半導体発光装置37の、動作電流200mAにおける動作電圧は3.2Vであり、p型Ga_{0.4}N_{0.6}コンタクト層16に突形状ドット18を形成していない従来構造のLEDの3.5Vと比較して動作電圧を低減することができた。

【0079】

さらに、動作電流を増加させても、活性層の全面が発光し特定部位への電流集中等は見られず、発熱の影響による光出力の飽和や、信頼性の低下は見られなかった。

【0080】

以上説明したように、本発明の窒化物系半導体発光素子によれば、p型Ga_{0.4}N_{0.6}コンタクト層16に大小多数の突形状ドット18を設けたので、p型Ga_{0.4}N_{0.6}コンタクト層16とp電極19aとの接触面積が増大して十分な接触抵抗が得られ、

大電流で駆動する高光束LEDに十分な動作電圧が確保できる。

【0081】

上述の実施の形態においては、島状AlGaIn₁₇を形成する工程と島状AlGaIn₁₇をマスクとしてGaNコンタクト層16をエッチングする工程を同一MOCVD装置の反応容器内で連続して行う場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、別々の装置で行っても構わない。

【0082】

また、突形状ドット18をp型GaNコンタクト層16に形成する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、コンタクト層としてはAlやInを含む窒化物系半導体層でも構わない。

【0083】

さらに、突形状ドット18を形成する工程を2回繰り返して、突形状ドット18a、18bを形成する場合について示したが、これに限定されるものではなく、島状のAlGaIn_{17a}のサイズや厚さ、およびAl組成を種々変更しながらさらに繰り返しても構わない。

【0084】

更に、また、基板11が絶縁体のサファイアの場合について説明したが、これに限定されるものではなく、SiCやGaNなどの半導体基板でも構わない。

【0085】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の窒化物系半導体発光素子および製造方法によれば、十分な接触抵抗のp電極が容易に得られ、十分な動作電圧の半導体発光素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法の第1段階を示す断面図。

【図2】 本発明の第1の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法の第2段階を示す図で、図2(a)はその平面図、図2(b)は図2(a)のA-A線に沿う断面図。

【図 3】 本発明の第 1 の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法の第 3 段階を示す断面図。

【図 4】 本発明の第 1 の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法における AlGaIn の Al 組成とエッチング速度の関係を示す図。

【図 5】 本発明の第 1 の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法の第 4 段階を示す図で、図 5 (a) はその断面図、図 5 (b) は要部の拡大断面図。

【図 6】 本発明の第 1 の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法の第 5 段階を示す断面図。

【図 7】 本発明の第 1 の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法の第 6 段階を示す断面図。

【図 8】 本発明の第 2 の実施の形態に係わる窒化物系半導体発光素子の製造方法を工程順に示す断面図。

【図 9】 本発明による窒化物系半導体発光素子を示す断面図。

【図 10】 本発明による窒化物系半導体発光装置を示す断面図。

【図 11】 従来の製造方法による窒化物系半導体発光素子を示す断面図。

【図 12】 従来の製造方法による電極形成面に凹凸形状を有する窒化物系半導体素子を示す断面図。

【符号の説明】

- 11 サファイア基板
- 12 n 型 GaN コンタクト層
- 13 n 型 AlGaIn クラッド層
- 14 MQW 発光層
- 15 p 型 GaN コンタクト層
- 16 n 型 AlGaIn クラッド層
- 17、17a 島状 AlGaIn 膜
- 18、18a、18b 突形状ドット
- 18c 微細な窪み
- 19、19a p 電極

2 0、2 0 a n 電極

2 1、3 1 L E D

3 2 外囲器

3 3 反射カップ

3 4 a、3 4 b リードフレーム

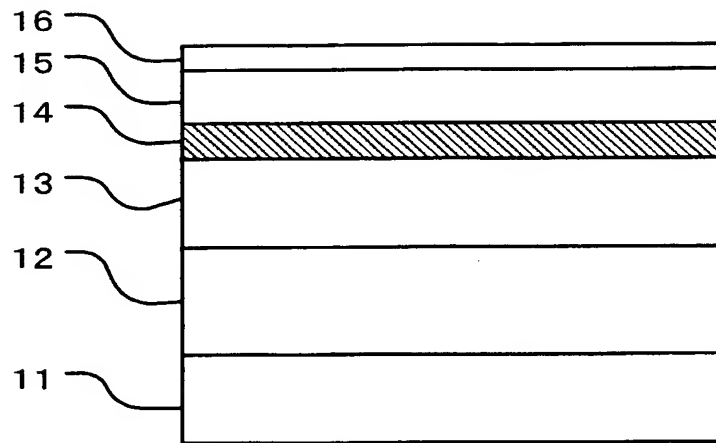
3 5 透明ゲル状樹脂

3 6 透明樹脂レンズ

3 7 半導体発光装置

【書類名】 図面

【図 1】

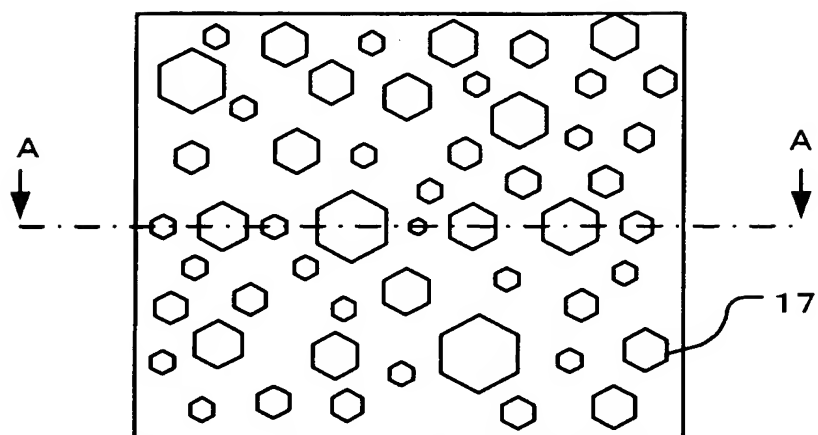


11…サファイア基板
12…n型GaNコンタクト層
13…n型AlGaNクラッド層

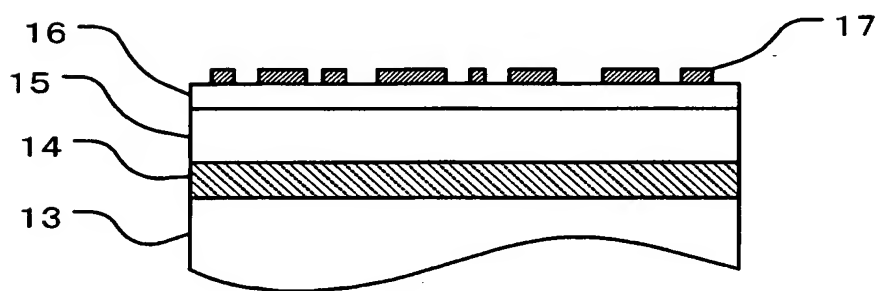
14…MQW層
15…p型AlGaNクラッド層
16…p型GaNコンタクト層

【図 2】

(a)

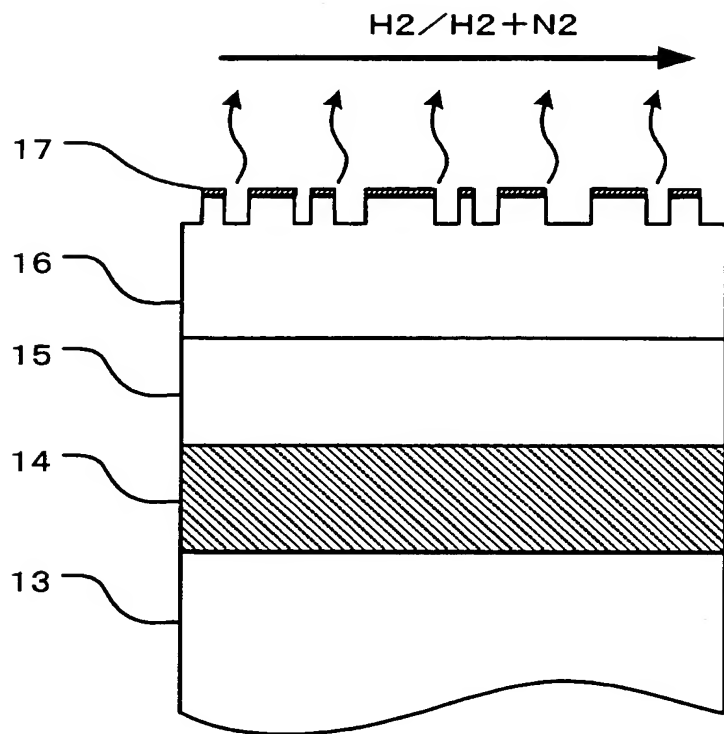


(b)

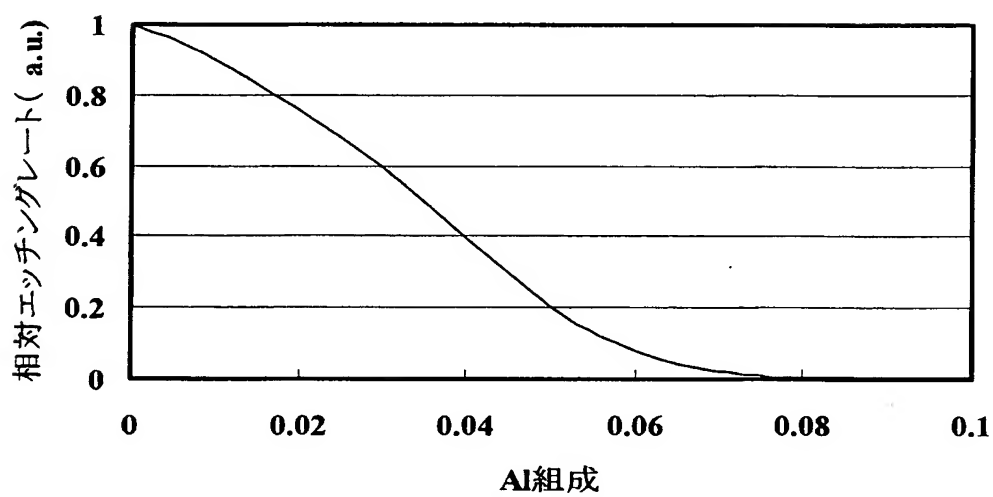


17...島状AlGaIn膜

【図 3】

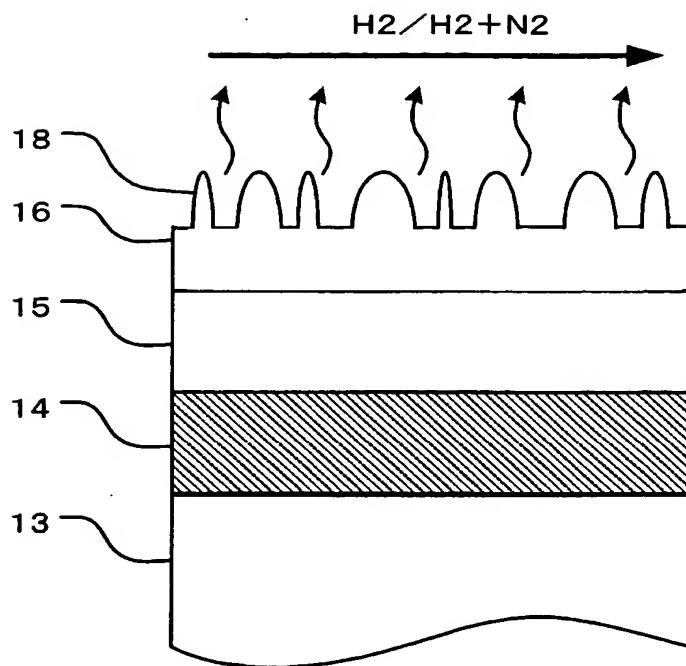


【図 4】



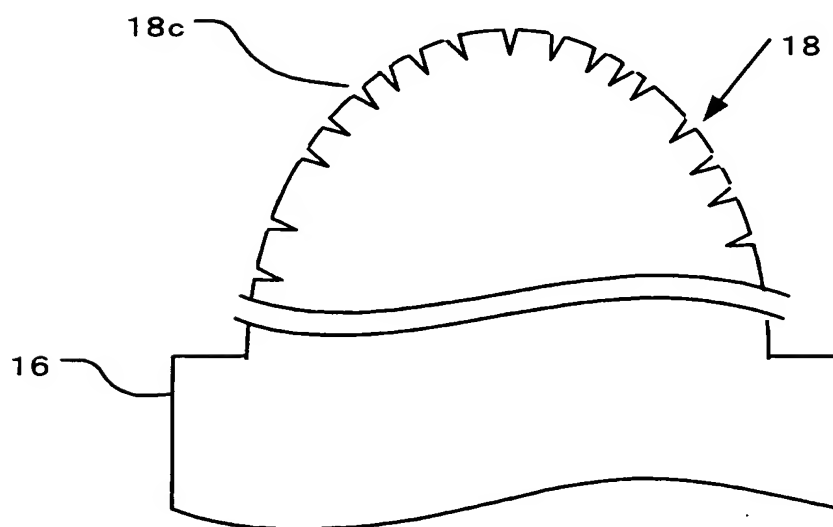
【図 5】

(a)



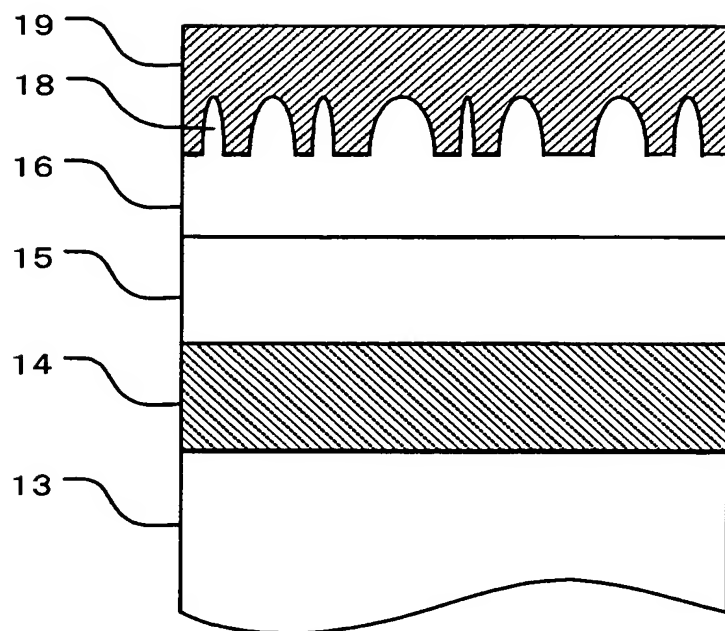
18...突形状ドット

(b)



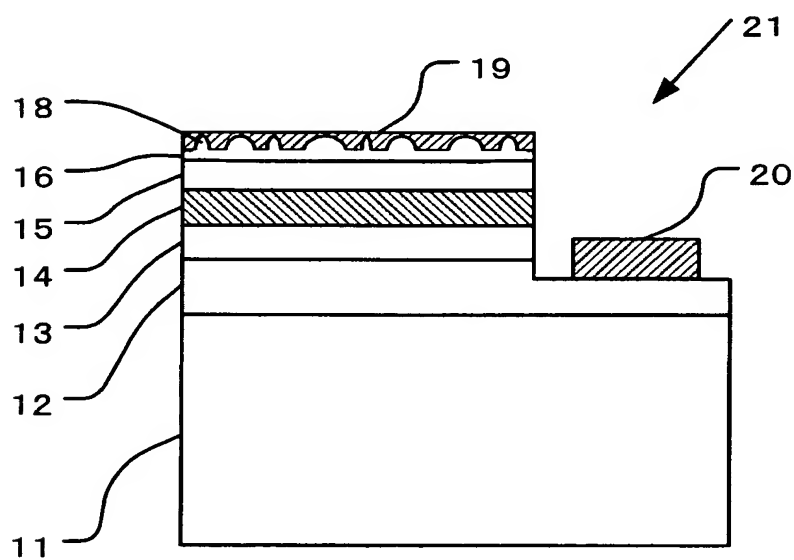
18c...微細な窪み

【図 6】



19...p電極

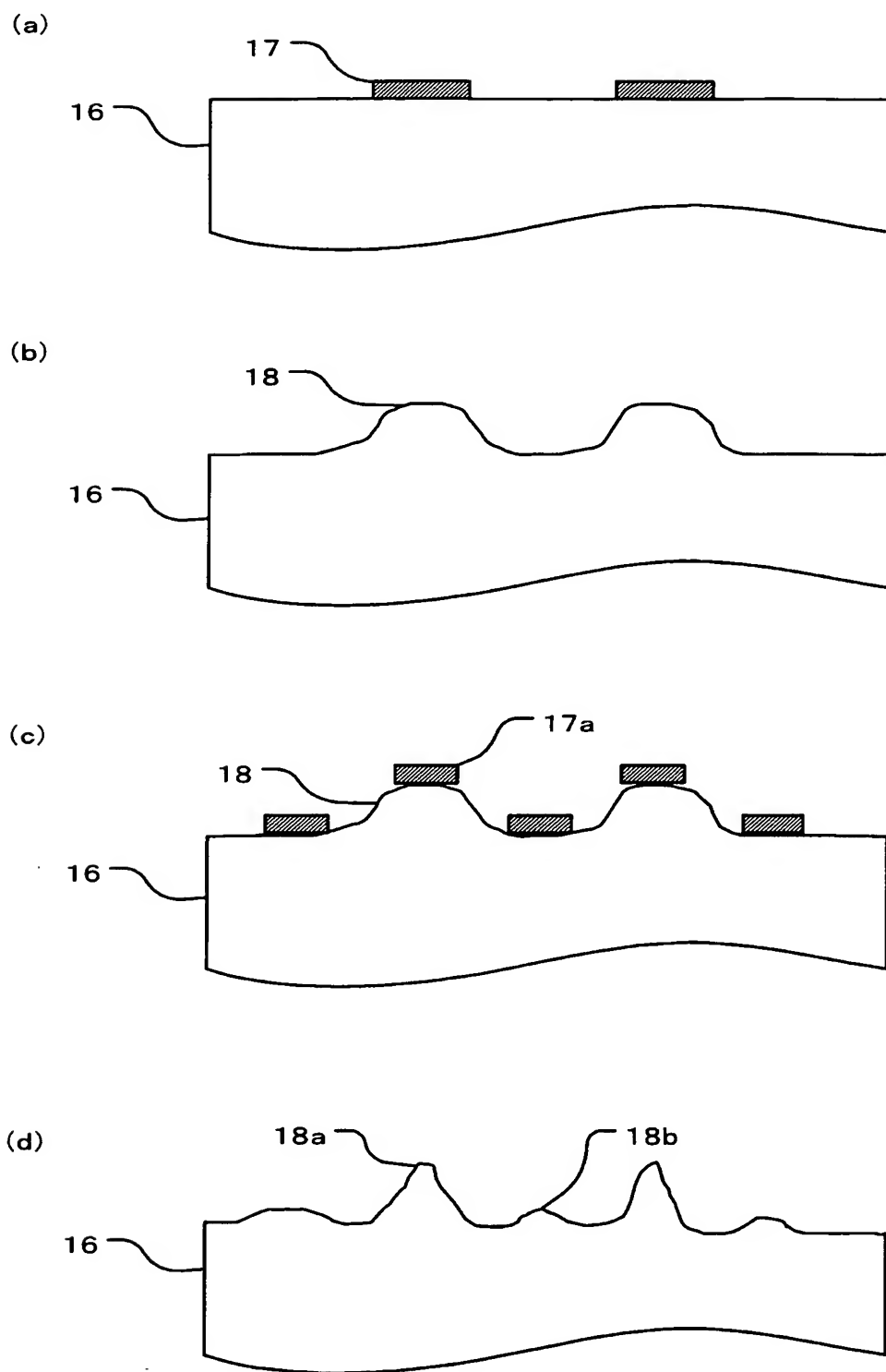
【図 7】



20...n電極

21...LED

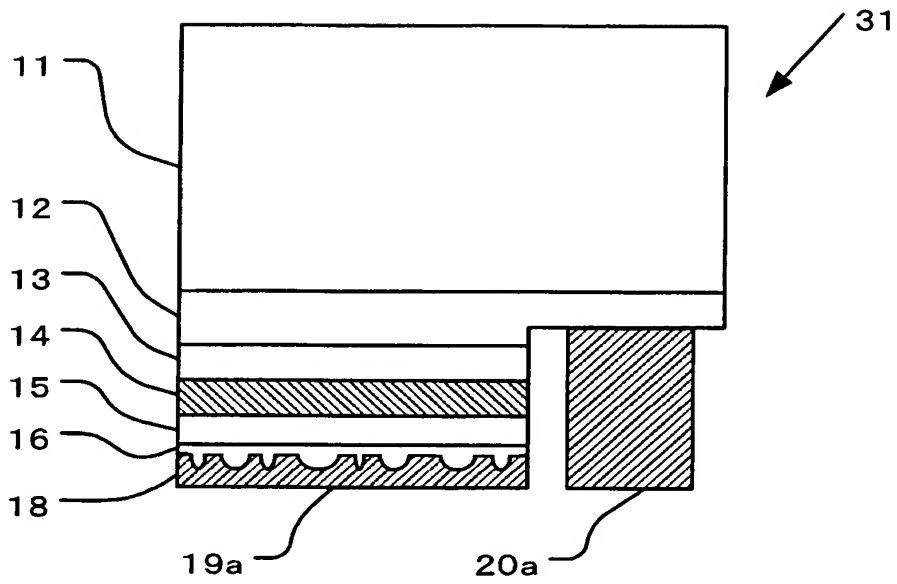
【図 8】



17a...島状AlGaIn膜

18a、18b...突形状ドット

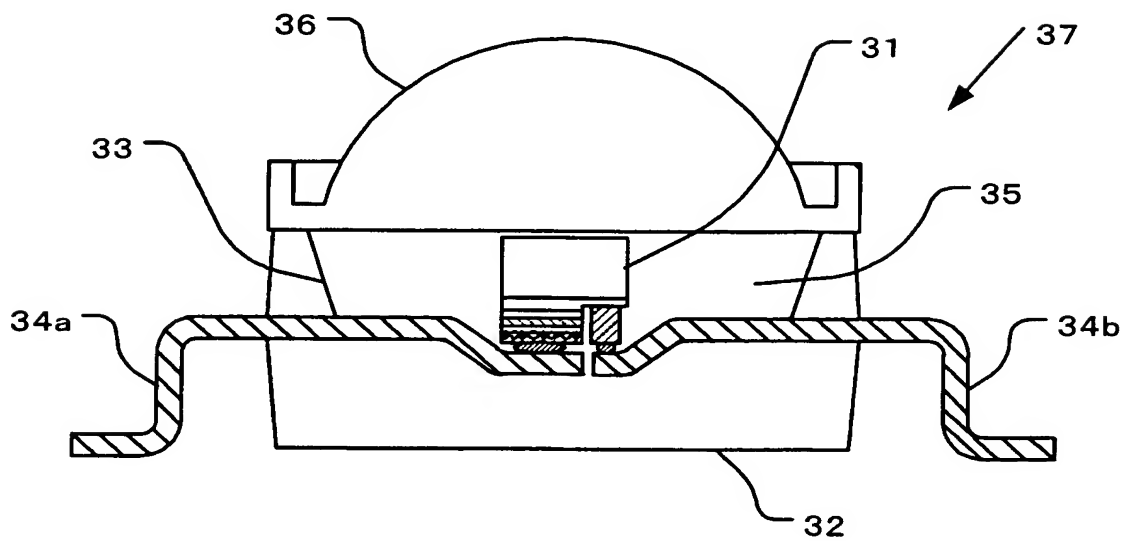
【図 9】



19a...p電極
20a...n電極

31...LED

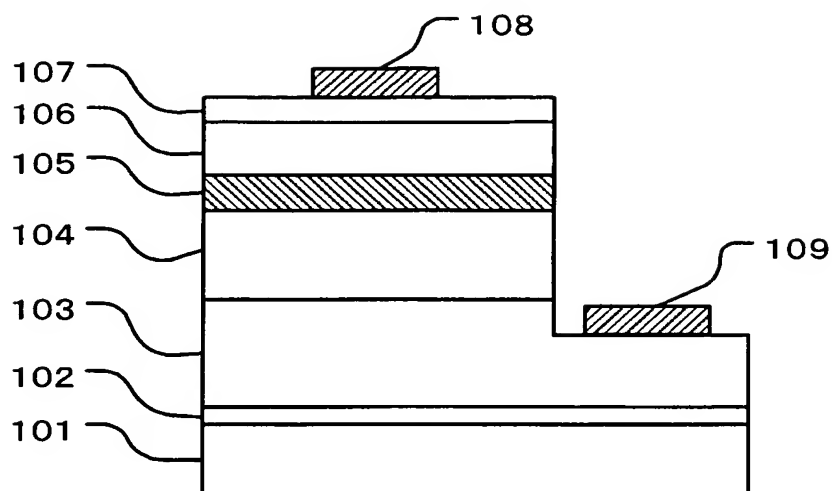
【図 10】



32...外囲器
33...反射カップ
34a、34b...リードフレーム

35...透明ゲル状樹脂
36...透明樹脂レンズ
37...半導体発光装置

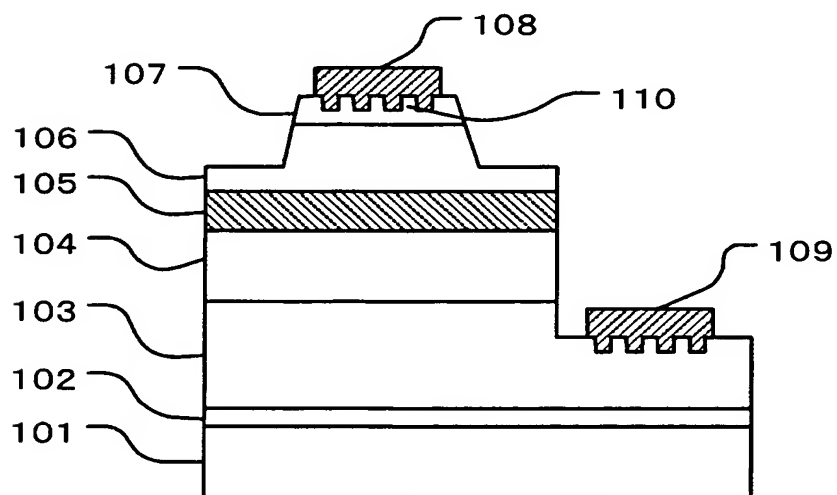
【図 1 1】



101…サファイア基板
 102…バッファ層
 103…n型GaNコンタクト層
 104…n型AlGaInクラッド層
 105…MQW発光層

106…p型AlGaInクラッド層
 107…p型GaInコンタクト層
 108…p電極
 109…n電極

【図 1 2】



110…ストライプ状凹凸

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 十分な接触抵抗の p 電極をもつ窒化物系半導体発光素子およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 p 型 GaN コンタクト層 1 6 上に Al Ga N 膜 1 7 を島状に成長させる工程と、前記島状の Al Ga N 膜 1 7 をマクスとして前記 p 型 Ga N コンタクト層 1 6 を選択的にエッチングして突形状ドット 1 8 を形成する工程と、前記突形状ドット 1 8 を形成した電極形成領域上に p 型のオーミック電極 1 9 を形成する工程を有する。

【選択図】 図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 6 7 5 4 9
受付番号	5 0 2 0 1 9 2 2 9 1 0
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 4 年 1 2 月 2 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成14年12月19日

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 6 7 5 4 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1 . 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝